

(19)

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 892 216 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.01.1999 Patentblatt 1999/03

(51) Int. Cl.⁶: F23R 3/00

(21) Anmeldenummer: 97810489.1

(22) Anmeldetag: 15.07.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV RO SI

(71) Anmelder: ABB RESEARCH LTD.
8050 Zürich (CH)

(72) Erfinder:
• Döbbeling, Klaus, Dr.
5210 Windisch (CH)

• Paschereit, Christian Oliver, Dr.-Ing.
5400 Baden (CH)
• Politke, Wolfgang, Dr.
5210 Windisch (CH)

(74) Vertreter: Klein, Ernest et al
Asea Brown Boveri AG
Immaterialgüterrecht(TEI)
Haselstrasse 16/699 I
5401 Baden (CH)

(54) Schwingungsdämpfende Brennkammerwandstruktur

(57) In einer Gasturbinenbrennkammer mit einer ringförmigen Brennkammer (10) erstreckt sich vom Brennkammer eintritt (12) bis zur Turbine (20) dessen Brennkammerwand (18). An einem Frontpanel (36) sind Brenner (16) befestigt, wobei im Bereich der Brennkammer (10) Helmholtz dämpfer (42) angeordnet sind. Zur Unterdrückung thermoakustischer Schwingungen sind die Helmholtz dämpfer (42) Elemente einer vielzelligen Struktur, wobei die vietzellige Struktur zumindest in Teilbereichen an der Brennkammerwand (18) und/oder am Frontpanel (36) angeordnet ist.

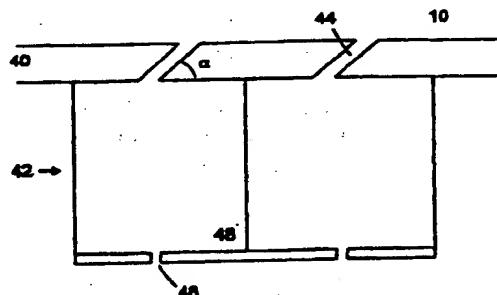


Fig. 2

EP 0 892 216 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenbrennkammer deren Brennkammerwand zumindest teilweise effusions- oder filmgekühlt ist und sich vom Brennkammerereintritt bis zur Turbine erstreckt, und bei der an einem Frontpanel Brenner befestigt sind, wobei im Bereich der Brennkammer Helmholtzdämpfer angeordnet sind.

Stand der Technik

In Brennkammern von Gasturbinen treten häufig unerwünschte thermoakustische Schwingungen auf. Dabei werden mit thermoakustischen Schwingungen sich gegenseitig aufschaukelnde thermische und akustische Störungen bezeichnet. Es können dabei hohe Schwingungsamplituden auftreten, die zu unerwünschten Effekten, wie etwa einer hohen mechanischen Belastung der Brennkammer, erhöhten NO_x-Emissionen durch eine inhomogene Verbrennung und sogar zu einem Erlöschen der Flamme führen können.

Die in die Brennkammer einströmende Kühlluft hat bei herkömmlichen Brennkammern eine bedeutende Funktion, da der KühlLuftfilm an der Brennkammerwand schalldämpfend wirkt und damit zur Dämpfung von thermoakustischen Schwingungen beiträgt. Um niedrige NO_x-Emissionen zu erzielen, wird in modernen Gasturbinen ein zunehmender Anteil der Luft durch die Brenner selbst geleitet, der KühlLuftstrom also reduziert. Durch die damit einhergehende geringere Schalldämpfung treten die eingangs angesprochenen, mit den unerwünschten Schwingungen verbundenen Probleme in solchen modernen Brennkammern demnach verstärkt auf.

Eine Möglichkeit der Schalldämpfung besteht im Ankoppeln von Helmholtz-Dämpfern in der Brennkammerhaube oder im Bereich der KühlLuftzuführung, wie etwa in der Druckschrift xxx beschrieben. Bei engen Platzverhältnissen wie sie für moderne, kompakt gebaute Brennkammern typisch ist, kann die Unterbringung solcher Dämpfer jedoch Schwierigkeiten bereiten.

Bei großvolumigen Helmholtzdämpfern wie sie etwa in der EP-A1 0 597 138 beschrieben werden, müssen um von außen zu den Helmholtzdämpfern zu gelangen, die in der Regel gekühlten Wandungen des Verbrennungsraums mit einem Mannloch versehen sein. Ein solcher Zugang ist mit einem großen konstruktiven Aufwand verbunden.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt also die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Unterdrücken thermoakustischer Brennkammerschwingungen bereitzustellen, die mit einem möglichst geringen Platzbedarf auskommt und

sich auch in engen Geometrien einsetzen lässt.

Diese Aufgabe wird erfahrungsgemäß dadurch gelöst, daß in effusionsgekühlten Brennkammern die Brennkammerwände mit einer vielzelligen Helmholtzdämpferstruktur ausgestattet werden. Dabei können die Brennkammerwände selbst eine vielzellige Struktur aufweisen, oder die Brennkammerwände werden mit vielzelligen Matten versehen.

Eine vielzellige Struktur bedeutet dabei eine Struktur, die aus vielen benachbarten, jedoch voneinander getrennten Zellen aufgebaut ist. Die einzelnen Zellen können dabei eine beliebige Form aufweisen, bevorzugt sind die Zellen jedoch durch eine Grundfläche und eine darauf senkrechte Höhe gekennzeichnet. Die Grundfläche kann dabei dreieckig, rechteckig, sechseckig, allgemein vieleckig oder irregulär geformt sein. Bevorzugt sind rechteckige und sechseckige Zellen, die einfachen aneinandergereiht werden können und eine stabile Struktur ergeben. In der Richtung der Höhe der Zellen sind die Strukturen bevorzugt nur eine Zelle dick, es können jedoch auch mehrere Zellen übereinander gestapelt sein. Die Ausdehnung der vielzelligen Struktur ist in der Richtung der Höhe der Zellen jedoch stets viel kleiner also senkrecht dazu, in der lateralen Ebene der Grundflächen der Zellen.

Die Anzahl der Zellen der gesamten Struktur liegt in der vorliegenden Erfindung zwischen 1.000 und etwa 200.000, bevorzugt zwischen 5000 und 50.000, besonders bevorzugt zwischen 10.000 und 30.000. Eine geringere oder höhere Anzahl von Zellen in einer Struktur ist auch sinnvoll, da sich die Anzahl der Zellen in erster Linie an dem zu dämpfenden Frequenzspektrum und der entsprechend erforderlichen Dämpfleistung orientiert.

In der vorliegenden Erfindung weist jede Zelle mindestens eine Öffnung auf, bevorzugt sind zwei, einander gegenüberliegende Öffnungen. In der Struktur, die nur eine Zelle dick ist, befinden sich die beiden Öffnungen beispielsweise auf der Oberseite und Unterseite der Struktur, so daß die Struktur und die Zellen von der KühlLuft durchströmt werden kann.

Die Zellwände, in denen sich die Öffnungen befinden haben dabei eine nicht zu vernachlässigende Dicke. Dabei kann eine Öffnung auch unter einem gewissen Winkel durch die Zellwand stoßen, so daß die effektive Länge der Öffnung größer als die Zellwandstärke ist. Jede Öffnung ist also durch einen Durchmesser und eine Länge gekennzeichnet. Die Öffnungen werden daher im folgenden auch als Rohre bezeichnet.

Die Zellen der gesamten Struktur müssen nicht alle die gleiche Form, Größe, Zahl der Öffnungen (Rohre), Länge und Durchmesser der Rohre etc. haben. Zellen mit verschiedenen Eigenschaften (etwa Größe) können verschiedenen Zwecken dienen, etwa daß sie verschiedene Frequenzen bedämpfen.

Durch die mindestens eine Öffnung bildet jede Zelle einen (bei zwei Öffnungen durchspülten) Helmholtz-Resonator. Die Resonanzfrequenz eines solchen

Helmholtz-Resonators ist durch die Fläche und Länge der Eintrittsöffnungen und das Volumen der Zelle gegeben. Durchspalte Helmholtzresonatoren bieten den Vorteil, daß sie von der durchströmenden Kühlluft gekühlt werden. Da die Resonanzfrequenz eines Helmholtzresonators von der Gastemperatur abhängt, wird dadurch diese Resonanzfrequenz stabil gehalten.

Erfahrungsgemäß werden nun die Zellvolumina und die Fläche und Länge der Eintrittsöffnungen so gewählt, daß ihre Resonanzfrequenz mit bestimmten, zu dämpfenden Frequenzen der Brennkammer übereinstimmen. Wie bekannt, wirkt ein Helmholtz-Resonator in der Gegend seiner Resonanzfrequenz als Dämpfer da dort die Ankoppelung der zu dämpfenden Schwingung an das Resonatorvolumen besonders gut ist.

Die zu dämpfenden Frequenzen sind dabei gerade die Frequenzen, bei denen man die Schwingungen der Brennkammer dämpfen möchte, etwa weil die Brennkammer bei diesen Frequenzen zu starken (thermo-)akustischen Schwingungen neigt. Eine selbsterhaltende thermoakustische Schwingung entsteht, wenn die Brenner bei einer der Eigenfrequenzen der Brennkammer mit Fluktuationen der Wärmefreisetzung reagieren. Die Frequenz der sich einstellenden Schwingung liegt erfahrungsgemäß nahe einer der Eigenfrequenzen der Brennkammer. Für typische Brennkammern liegen diese im allgemeinen zwischen 40 Hz und 3 kHz. Die niedrigste dieser Eigenfrequenzen dabei ist erfahrungsgemäß von besonderer Bedeutung. Es ist jedoch oft auch die Dämpfung höherer Eigenmoden der Brennkammer wichtig.

Erfahrungsgemäß wird nun jeweils ein Satz von Zellen mit ihren Eigenschaften (Form, Volumen, Länge und Durchmesser der Rohre) auf jede der zu dämpfenden Frequenzen abgestimmt. Erfahrungsgemäß sind die einzelnen Zellen im allgemeinen relativ klein, die Dämpfleistung einer einzelnen Zelle also relativ niedrig. Dies wird jedoch durch die große Zahl an Zellen ausgeglichen, da in erster Näherung die Dämpfleistung proportional zur Zahl der dämpfenden Zellen ist.

Als Brennkammerwände stehen beispielsweise in einer Ringbrennkammer die Außenschale, die Innenschale und das Frontpanel (d.h. die Fläche, an der die Brenner befestigt sind) zur Verfügung. In der Erfindung muß nicht die gesamte Fläche der Brennkammerwände mit Helmholtzdämpfern ausgestattet werden.

Vielmehr ergibt sich die benötigte Fläche aus der zu erreichenden Dämpfleistung. Soll beispielsweise nur eine Frequenz der Brennkammer gedämpft werden, so kann es genügen, nur das Frontpanel mit vielzelligen Helmholtzdämpfern auszustatten und die Außen- und Innenschale unverändert zu lassen.

Wegen der geringen Höhe der vielzelligen Struktur und ihrer Integration in die Brennkammerwände weist die vorliegende Erfindung einen sehr geringen Platzbedarf auf. Als vielzellige Struktur können beispielsweise wabenförmige Matten verwendet werden, die in einer Vielzahl von verschiedenen Formen und Materialien

erhältlich sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 in schematisierter Darstellung einen Teillängsschnitt einer Ringbrennkammer;

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel der Gestaltung der Brennkammerwand mit einer vielzelligen Struktur von Helmholtz-Dämpfern;

Fig. 3 die relative Dämpfleistung eines auf 116 Hz ausgelegten Helmholtzdämpfelements;

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nicht gezeigt sind beispielsweise das Abgasgehäuse der Gasturbine mit Abgasrohr und Kamin, der Verdichter und Sammelraum der Turbine. Die Strömungsrichtung der Arbeitsmittel ist mit Pfeilen bezeichnet.

Wege zur Ausführung der Erfindung

In Fig. 1 ist als Beispiel ein Teillängsschnitt einer Ringbrennkammer dargestellt. Obwohl sich die folgenden Ausführungsbeispiel auf eine solche Ringbrennkammer beziehen, ist die Erfindung nicht auf Ringbrennkammern beschränkt, sondern allgemein für effusionsgekühlte Brennkammern anwendbar.

Die Anlage, von der in Fig. 1 nur der oberhalb der Maschinenachse 30 liegende Teil dargestellt ist, ist rotationssymmetrisch um die Maschinenachse 30 aufgebaut. Auf der Seite der Gasturbine 20 besteht die Anlage im wesentlichen aus dem mit Laufschaufeln 24 beschaffelten Rotor 22 und dem mit Leitschaufeln 28 bestücktem Schaufelträger 26. Der Schaufelträger 26 ist über entsprechende Aufnahmen im (nicht gezeigten) Turbinengehäuse eingehängt.

Verdichtete Luft 38 strömt vom Verdichter her in den Sammelraum 39. Der Hauptanteil der Luft strömt durch die Bypass-Öffnungen 31 und insbesondere die Kühlkanäle 30 und 32 in die Brennkammerhaube 34 und von dort durch die Brenner 16 in die Brennkammer 10. Ein kleinerer Teil der Luft fließt als KühlLuft von den Kühlkanälen 30 und 32 durch eine Vielzahl von Öffnungen in den Wandteilen 18 in die Brennkammer 10 (Effusionskühlung). Das Bezugszeichen 14 markiert den Austritt zur Turbine 20. Die Wandteile 18 und das Frontpanel 36 werden nun erfahrungsgemäß mindestens zum Teil als vielzellige Helmholtzdämpfer-Struktur ausgebildet.

Figur 2 zeigt einen Ausschnitt einer erfahrungsgemäßen Brennkammerwand im Detail. In dieser Ausführungsform ist die eigentliche Brennkammerwand 40

mit einer vielzelligen Matte von Helmholtzdämpfern 42 versehen. Die Kühlluft fließt dabei durch die Eintrittsöffnungen (oder Eintrittsrohr) 46 in das Zellenvolumen 48 und fließt dann durch die Austrittsöffnungen 44 in die Brennkammer 10. Da die Austrittsöffnung 44 die Dämpfegenschaften des Dämpfelements wesentlich beeinflussen, wird sie im folgenden auch als Dämpfrohr 44 bezeichnet.

Im folgenden werden exemplarisch zwei konkrete Auslegungsbeispiele für eine typische Ringbrennkammer beschreiben. Die Erfindung ist natürlich nicht auf diese konkreten Beispiele beschränkt.

In der beispielhaften Brennkammer beträgt der Gesamtdruck p etwa 30 bar. Der Druckverlust Δp durch die Effusionskühlung soll etwa 2%, also rund 60.000 Pa betragen. Der gesamte Massenstrom der Luft in die Brennkammer beträgt 135 kg/s, der KühlLuftstrom soll etwa 1% davon, hier 1.5 kg/s betragen. Die Temperatur der KühlLuft beträgt etwa 720 K, die Schallgeschwindigkeit c bei dieser Temperatur etwa 550 m/s.

Mit diesen Angaben kann die benötigte Fläche für die KühlLuftöffnungen abgeschätzt werden. Über $\rho = p/RT$, mit der Gaskonstante R ($R_{\text{Luft}} \approx 290 \text{ J/kg K}$), erhält man die Dichte der KühlLuft $\rho \approx 15 \text{ kg/m}^3$. Die Geschwindigkeit der KühlLuft erhält man über die Beziehung $\Delta p = 0.5 * u^2 * (1 + \zeta)$ mit dem Verlustbeiwert ζ . Wird der gesamte Druckverlust über die Eintrittsöffnungen erbracht, und ist der Verlustbeiwert dieser Öffnungen $\zeta \approx 1.8$, so ergibt sich eine KühlLuftgeschwindigkeit $u \approx 50 \text{ m/s}$. Für einen KühlLuftstrom wie oben angegeben ist dann eine Gesamtfläche der Eintrittsöffnungen von etwa $2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ notwendig.

Aufgrund der akustischen Eigenschaften der Brennkammer soll mit den Helmholtzdämpfern eine Frequenz von 116 Hz gedämpft werden. Wie bekannt, ist die Resonanzfrequenz eines undurchströmten Helmholtzresonators mit einer Öffnung gegeben durch

$$f = \omega/2\pi = c/2\pi \sqrt{(A_d/(V l_d))} \quad (1)$$

mit der Schallgeschwindigkeit c , dem Volumen des Resonators V , der Querschnittsfläche des Dämpfrohrs A_d und der Länge des Dämpfrohrs l_d .

In einem ersten Ausführungsbeispiel soll fast der gesamte Druckverlust Δp an den Eintrittsöffnungen erbracht werden. Entsprechend wird der Durchmesser der Eintrittsöffnungen zu 0.35 mm und der Durchmesser des Dämpfrohrs zu 0.8 mm gewählt. Um die zu dämpfende Frequenz von $f=116 \text{ Hz}$ als Resonanzfrequenz zu erhalten, wird weiterhin die Länge des Dämpfrohrs l_d zu 15 mm, die Höhe einer Resonatorzelle 62 zu 9 cm und die Grundfläche einer Resonatorzelle zu $2,11 \text{ cm}^2$ gewählt. Das Volumen V eines Helmholtzdämpfers 62 beträgt dann 19 ml ($1.9 \times 10^{-5} \text{ m}^3$), so daß sich gerade die geforderte Resonanz- und damit Dämpffrequenz ergibt.

Die Dämpfrohre werden auf eine Länge von 15 mm ausgelegt. Die Brennkammerwand des Ausführungs-

beispiels weist jedoch nur eine Dicke von 7,5 mm auf. Die notwendige Länge wird dann nach der Erfindung dadurch erreicht, daß das Dämpfrohr 64 einen Winkel von $\alpha=30^\circ$ mit der Brennkammerwand einschließt.

Im folgenden wurde nun von einer Druckschwankung in der Brennkammer mit einer Amplitude von 100 mbar ausgegangen. Die Leistung einer Pulsation dieser Stärke bezogen auf eine Brennkammerfläche von 1.2 m^2 beträgt dann 2984 W. Die Dämpfleistung W_d eines Helmholtzdämpfers läßt sich mit folgender Formel abschätzen:

$$W_d = \frac{1}{2} A_d u_d p_d \quad (2)$$

mit der Querschnittsfläche des Dämpfrohrs A_d , der Amplitude der Geschwindigkeitsschwankung im Dämpfrohr u_d und der Amplitude der Druckschwankung im Dämpfrohr p_d . Die Beziehung (2) schätzt die Dämpfleistung wegen der Vernachlässigung einiger Effekte, wie der Bildung einer Stokes-Wandgrenzschicht im Dämpfrohr, im allgemeinen nach unten ab. Eine Auslegung der Dämpferelemente mit Beziehung (2) ist daher auf jeden Fall ausreichend, da die tatsächliche Dämpfleistung etwas höher als mit (2) berechnet, auffällt.

Im ersten Auslegungsbeispiel ist $u_d = 53 \text{ m/s}$ und $p_d = 100 \text{ mbar}$. Damit ergibt sich eine Dämpfleistung einer Dämpferzelle von etwa 0.13 W, oder eine relative Dämpfung von rund 4.5×10^{-5} . In Fig. 3 ist die relative Dämpfung als Funktion der Frequenz gezeigt. Die relative Dämpfung ist bei der Auslegungsfrequenz von 116 Hz maximal. In diesem Auslegungsbeispiel wurden 20.000 Dämpferzellen verwendet. Dadurch wird die Ausgangsdruckschwankung von 100 mbar auf eine gedämpfte Druckschwankung von rund 30 mbar reduziert.

Im ersten Auslegungsbeispiel wurde fast der gesamte Druckverlust über die Einlaßöffnungen erbracht. Ist dies nicht erwünscht, können die Einlaßöffnungen größer gestaltet werden. Im zweiten Auslegungsbeispiel wird entsprechend der Durchmesser der Eintrittsöffnungen zu 0.7 mm und der Durchmesser des Dämpfrohrs zu 0.8 mm gewählt. Wegen des größeren Einlaßdurchmessers ist die Dämpfung in diesem Beispiel etwas geringer. Bei gleicher Wahl der restlichen Parameter wie in Beispiel 1, wird in diesem Beispiel bei 20.000 Dämpfern eine Ausgangsdruckschwankung von 100 mbar auf eine gedämpfte Druckschwankung von rund 40 mbar reduziert.

Bezugszeichenliste

- 10 Brennkammer
- 12 Brennkammereintritt
- 14 Brennkammeraustritt
- 16 Brenner
- 18 Brennkammerwand
- 20 Turbine
- 22 Rotor

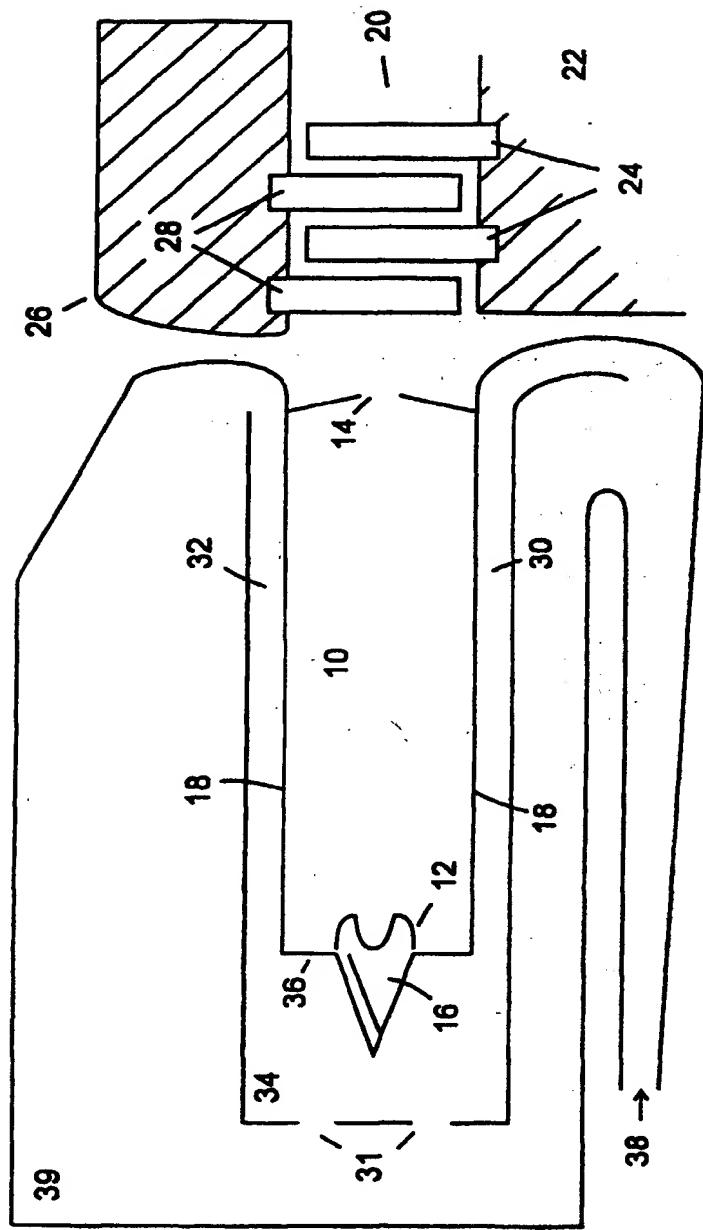
24	Turbinentaufreihe		
26	Schaufelträger		
28	Turbinenleitreihe		
30	innerer Kühlkanal	5	
31	Bypass-Öffnungen		
32	äußerer Kühlkanal		
34	Haube		
36	Frontpanel		
38	verdichtete Luft		
39	Sammelraum	10	
40	Brennkammerwand		
42	Helmholtzdämpfer		
44	Austrittsöffnung, Dämpfrohr		
46	Eintrittsöffnung, Eintrittsrohr		
48	Zellvolumen	15	

7. Gasturbinenbrennkammer nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der Helmholtzdämpfer (42) der vielzelligen Struktur von Kühlluft durchströmt wird, vorzugsweise, dass alle Helmholtzdämpfer (42) der vielzelligen Struktur von Kühlluft durchströmt werden.

Patentansprüche

1. Gasturbinenbrennkammer mit einer Brennkammer (10) deren Brennkammerwand (18) sich vom 20 Brennkammerereintritt (12) bis zur Turbine (20) erstreckt, und bei der an einem Frontpanel (36) Brenner (16) befestigt sind, wobei im Bereich der Brennkammer (10) Helmholtzdämpfer (42) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Helmholtzdämpfer (42) Elemente einer vielzelligen Struktur sind, wobei die vielzellige Struktur zumindest in Teilebereichen an der Brennkammerwand (18) und/oder am Frontpanel (36) angeordnet ist.
2. Gasturbinenbrennkammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung der vielzelligen Struktur Matten verwendet werden.
3. Gasturbinenbrennkammer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung der vielzelligen Struktur unterschiedliche Matten verwendet werden.
4. Gasturbinenbrennkammer nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammerwand (18) und/oder das Frontpanel (36) in Teilebereichen als vielzellige Struktur ausgebildet sind.
5. Gasturbinenbrennkammer nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vielzellige Struktur Helmholtzdämpfer (42) unterschiedlicher Größe aufweist.
6. Gasturbinenbrennkammer nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Zellen der vielzellige Struktur zwischen 1.000 und etwa 200.000 liegt, bevorzugt zwischen 5.000 und 50.000 und besonders bevorzugt zwischen 10.000 und 30.000 liegt.

Fig. 1



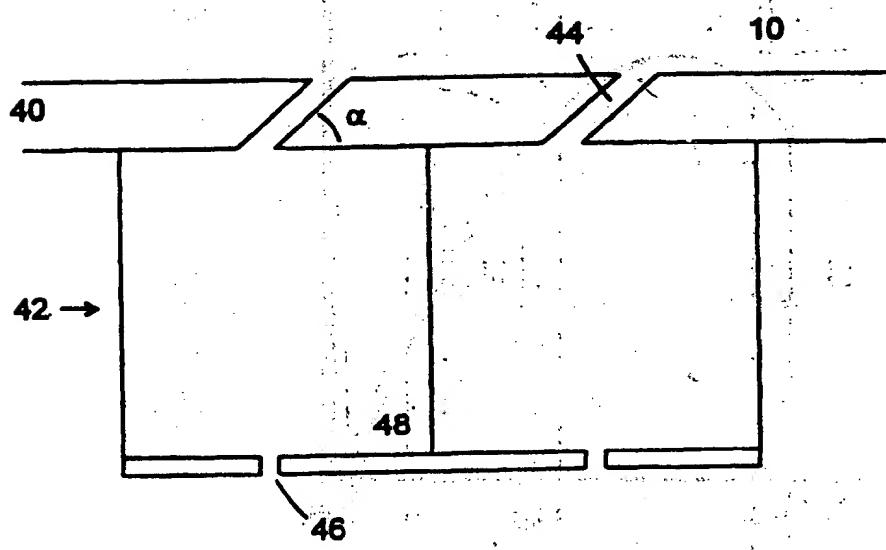


Fig. 2

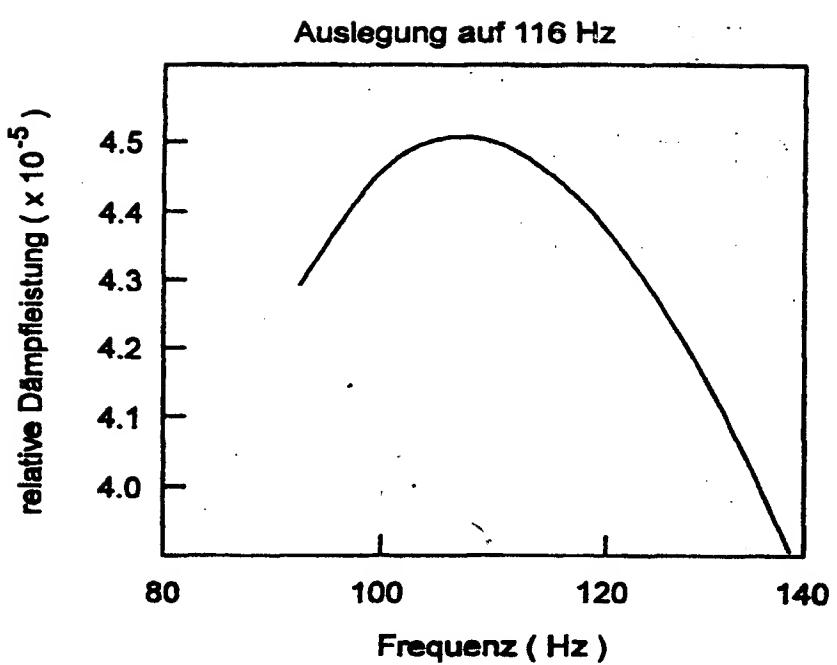


Fig. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 81 0489

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.CI.6)
D,X	EP 0 597 138 A (AIGNER MANFRED ET AL) 18.Mai 1994 * Spalte 5, Absatz 1 * * Abbildungen *	1,4,7	F23R3/00
Y	US 4 298 090 A (CHAPMAN JOHN F) 3.November 1981 * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-3,5,7	
A	US 4 199 936 A (COWAN SAMUEL J ET AL) 29.April 1980 * Spalte 2, Zeile 45 - Zeile 54 * * Spalte 11, Zeile 11 - Zeile 19 * * Abbildung 5 *	1,4	
A	EP 0 702 141 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 20.März 1996 * Spalte 2, Absatz 2 * * Spalte 2, Absatz 5 * * Spalte 3, Zeile 46 - Zeile 53 * * Abbildungen 1-7 *	1-7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.CI.6) F01D F02K F02C F23R G10K F23M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Rechercheur	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	15.Dezember 1997	Raspo, F	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinandergehendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologische Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenliteratur			

BLANK PAGE